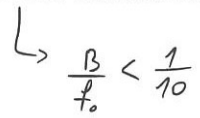
ELETTRONICA DELLE TELECOMUNICAZIONI

A fine corso (finisce il 20 maggio) fa un compitino il 28 maggio valido per tutti e 3 gli appelli estivi

Esame: scritto (2h) + orale e devono svolgersi nella stessa sessione

Specificità di questo corso

1. Alte frequenze (fino a 100GHz)
   A. Problemi (effetti parassiti): a queste frequenze non posso usare un amplificatore come l'opamp per fare un circuito aperto (Z_{IN} —> infinito) in quanto sono da considerare gli effetti capacitivi; analogo non esistono i cortocircuiti (1mm di filo sono 2nH —> se f_0=15GHz si ha $\omega_0 L$=200Ω) —> per questo motivo quando si progetta a radio frequenza non si lavora con le tensioni ma con le correnti e si parla sempre in termini di guadagno di potenza
2. Banda frazionale stretta —> è come se lavorassi su una sola frequenza



$$\frac{B}{f_0} < \frac{1}{10}$$

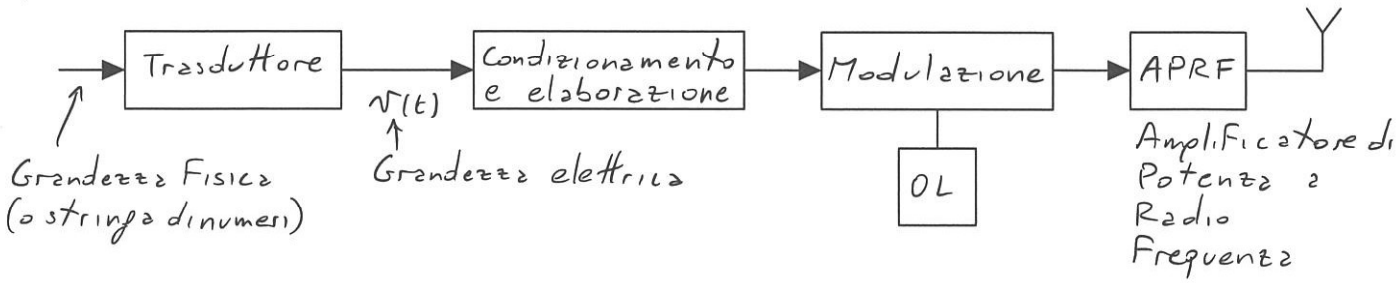
master COPY

3. Dinamica e linearità: la dinamica sta tipicamente in 80dB (è tanto); i sistemi devono essere in grado di distinguere due segnali indipendentemente dalla potenza che trasportano (ad es può capitare di dover "buttare via" il segnale che ha potenza maggiore)
   - Se ho un segnale fuori dalla dinamica ma con potenza elevata, per le non linearità (sempre presenti) si possono generare delle armoniche che si vanno a depositare nella frequenza del segnale adiacente dentro la dinamica e se in questa frequenza c'era il segnale a potenza più bassa comporta la sua non corretta ricezione
4. Problema dell'integrazione su un circuito integrato: per filtrare il segnale nella banda di interesse sono costretto ad utilizzare dei componenti passivi
   - A radio frequenza (RF) le capacità si possono fare in vari modi; è un problema invece fare le induttanze (è un problema tecnologico)
5. Low power: deve consumare poca potenza, altrimenti un dispositivo mobile avrebbe un'autonomia troppo breve —> si fa quindi l'adattamento di impedenza

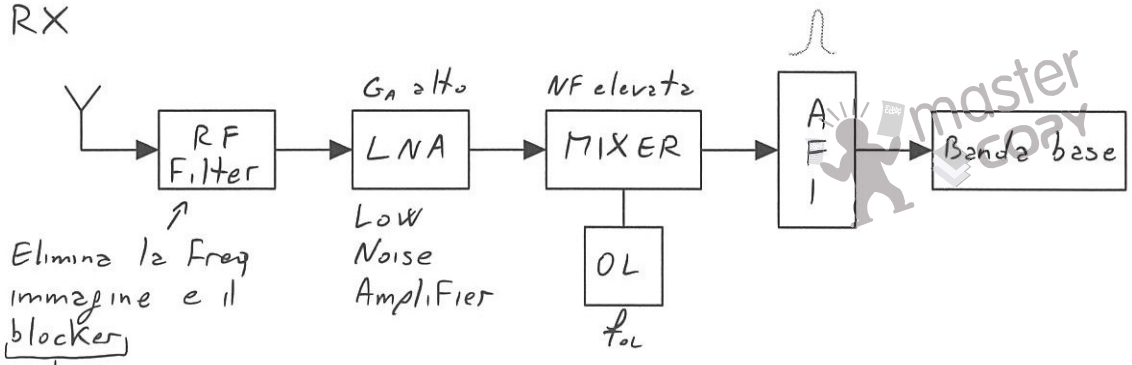
Architettura sistema di TLC (supereterodina)

master COPY COPISTERIA

TX



RX



↳ Segnale con potenza elevata che si trova su un canale ≠ → produce non linearità

Anche se il blocker si trova a frequenza tale da non passare attraverso il filtro AFI, siccome è a potenza elevata questo comporta che il blocco LNA non funzioni bene perché vengono introdotte delle non linearità —> per questo motivo i blocker si eliminano prima

Perché si mette LNA prima del mixer? Perché il mixer è un sistema caratterizzato da una cifra di rumore (NF) elevata —> quindi, per la formula di FRIIS, si mette un LNA con bassa cifra di rumore ma alto guadagno G_A —> la cifra di rumore globale della cascata viene circa pari a quella del LNA (bassa)

Cosa andiamo a studiare?
- Sul trasmettitore il modulatore e l'amplificatore di potenza a radio frequenza
- Sul ricevitore il blocco LNA, il filtro RF, il mixer, l'OL e il filtro AFI

PLL (Phase Locked Loop): anello ad aggancio di fase, mi consente di progettare l'oscillatore locale (OL)

OSCILLATORE LOCALE
- Deve selezionare un canale intorno ad una certa frequenza con una buona accuratezza (qualche KHz) su una banda larga (qualche GHz) —> può sbagliare solo di qualche parte su un milione —> si usa la cella PLL

Nota: transceiver —> Transmitter + Receiver

master COPY
master COPY COPISTERIA
master COPY

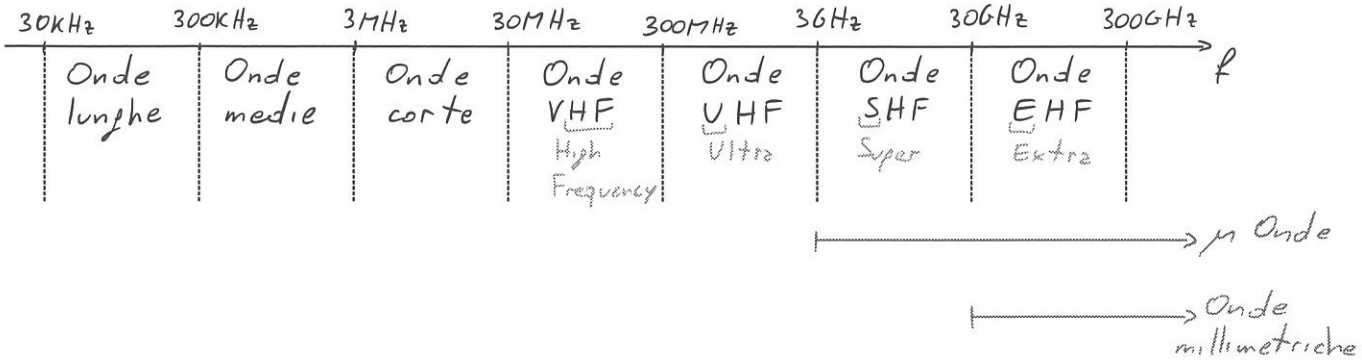
Radiotecnica —> è diventata poi la disciplina WIRELESS

RADIOTECNICA → WIRELESS

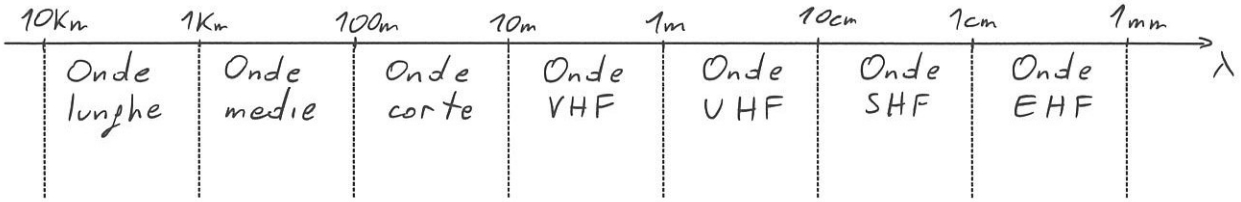
- → Circuiti ad elem. discreti → → Circuiti ad elem. integrati
- → Costoso (50% costo board dipende dal n° di PAD) → → Economico
- → Pesante - Ingombrante → → Leggero - miniaturizzato
- → Alto consumo → → Low - power
- → Fragile → → Robusto
- → Fisso → → Mobile

master COPY

GAMME DI FREQUENZA



$$\lambda = \frac{c}{f}$$



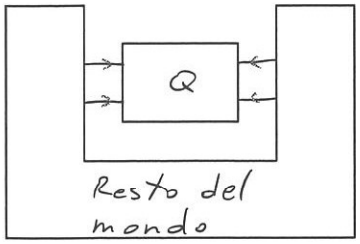
Si parla di μOnde quando le dimensioni dei componenti sono confrontabili con le lunghezze d'onda

Il range di frequenza è regolamentato —> piano nazionale delle frequenze: per ogni range di frequenza ci dice a quali servizi è dedicato e ci dice se si tratta di un range licenziato oppure no (licenziato significa che è necessaria la licenza)

- Ci sono delle bande dove non serve la licenza —> bande ISM (Industrial Scientific Medical)

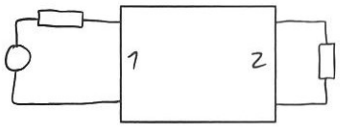
Parametri da utilizzare per la progettazione a radiofrequenza —> LNA

- **Quadripolo lineare**: è un sistema che colloquia con il resto del mondo mediante 4 fili e sono verificate le leggi di Kirchhoff



Se voglio sostituire questo quadripolo (Q) ho bisogno di un certo numero di parametri che mi consentono di caratterizzarlo completamente, in particolare 9 parametri

Amplificatore: è costituito da 4 fili ma sono collegati al resto del mondo in una maniera diversa —> ci sono solo due correnti e due tensioni

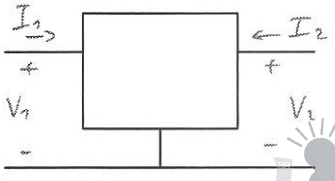


I_1, I_2

V_1, V_2

Per descrivere la rete servono 4 parametri —> prende il nome di **2 porte** o **doppio bipolo**

Tripolo: è un doppio bipolo in cui un terminale di ingresso e uno di uscita sono a comune



Per descrivere la rete servono 4 parametri ma in più sappiamo che un nodo è allo stesso potenziale

master COPY



Analizzo il 2 porte

- **Parto dai parametri Z**: permettono di esprimere le tensioni in funzione delle correnti

$$\begin{cases} V_1 = z_{11} I_1 + z_{12} I_2 \\ V_2 = z_{21} I_1 + z_{22} I_2 \end{cases}$$

-> Di solito si usano $\begin{cases} z_I \text{ (INPUT)} & z_R \text{ (REVERSE)} \\ z_F \text{ (FORWARD)} & z_o \text{ (OUTPUT)} \end{cases}$

$z_{11} = \left.\frac{V_1}{I_1}\right|_{I_2=0}$ = Impedenza di IN con OUT aperta ‖ Le "z" si misurano in circuito aperto; $[z] = \Omega$

Z_I e Z_O: prendono il nome di parametri in riflessione perché sono definiti come il rapporto tra tensione e corrente nello stesso nodo
Z_F e Z_R: sono definite invece come rapporto tra tensione e corrente in nodi diversi

Parametri Y: consentono di esprimere le correnti in funzione delle tensioni

$$\begin{cases} I_1 = Y_I V_1 + Y_R V_2 \\ I_2 = Y_F V_1 + Y_o V_2 \end{cases}$$

-> Le "Y" si misurano in cortocircuito; $[Y] = \text{Siemens}$

Parametri H

$$\begin{cases} V_1 = h_i \dot{\imath}_1 + h_r \dot{v}_2 \\ I_2 = h_f \dot{\imath}_1 + h_o \dot{v}_2 \end{cases}$$

-> $[h_r]$ e $[h_f]$ sono adimensionali

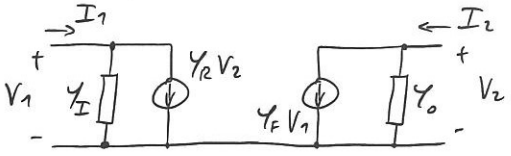


Parametri S: si usano per le radiofrequenze e µOnde

Noi analizziamo i parametri Y e poi arriveremo ai parametri S

$$\begin{cases} I_1 = Y_I V_1 + Y_R V_2 \\ I_2 = Y_F V_1 + Y_o V_2 \end{cases}$$

-> Vado a disegnare l'equivalente circuitale



Il generatore che si trova a sinistra viene comandato dall'uscita mentre il generatore che si trova a destra viene comandato dall'ingresso —> le due porte quindi non sono isolate

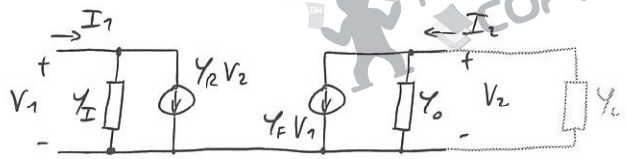
- Il parametro principe dal punto di vista del guadagno è quello che mi dice cosa succede sull'uscita per effetto dell'azione sull'ingresso, quindi Y_F. Il parametro Y_R rappresenta un effetto collaterale del funzionamento del dispositivo e spesso si trascura —> i dispositivi si considerano (approx) unilaterali o unidirezionali

Nei circuiti ad alta frequenza è più difficile considerare il circuito unidirezionale —> se il dispositivo non è più unilaterale allora il progetto si complica

Vado adesso a calcolare il guadagno di tensione

$$\rightarrow A_V = \frac{V_2}{V_1}$$

Calcolo V_2: immagino di mettere un carico Y_L



$$V_2 = -Y_F V_1 \frac{1}{Y_0 + Y_L} \Rightarrow A_V = -\frac{Y_F}{Y_0 + Y_L}$$

$$Y_{IN} = \frac{I_1}{V_1} = \left(V_1 Y_I - V_1 \underbrace{\frac{Y_F}{Y_0 + Y_L}}_{A_V} Y_R \right) \frac{1}{V_1} = Y_I - \frac{Y_R Y_F}{Y_0 + Y_L}$$

$$Y_{OUT} = Y_0 - \frac{Y_R Y_F}{Y_I + Y_S}$$

Se carico Y_L cotocto ($Z_L \to \infty$)

↳ $A_V \to \phi$

$Y_{IN} = Y_I$ ‖ torna perché Y_I è l'ammettenza di IN con OUT in cotocto

Se $Y_R = \phi$ (unidirezionale) $\rightarrow Y_{IN} = Y_I$ non dipende da cosa metto in OUT

↳ stessa cosa per Y_{OUT}

Se ad esempio voglio realizzare la **condizione di massimo trasferimento di potenza**

- Se il dispositivo è unilaterale allora basta imporre l'adattamento complesso coniugato tra il generatore di segnali e l'ingresso, dopo devo mettere un carico in maniera tale da realizzare l'adattamento complesso coniugato tra il carico e l'equivalente di Theveninn che si vede a sinistra del carico
- Se il dispositivo <u>non</u> è unilaterale l'impedenza di ingresso dipende dall'uscita e l'impedenza di uscita dipende da cosa metto sull'ingresso —> se impongo che il sistema realizzi contemporaneamente l'adattamento complesso coniugato in ingresso e in uscita non è detto che il sistema abbia soluzione (solo in certe condizioni)

Il circuito che stiamo analizzando è reazionato grazie alla presenza del generatore comandato —> se il dispositivo non è unilaterale c'è il rischio che cominci ad oscillare e che quindi sia instabile